

Gennemtrængelige belægninger

Kort om forløbet

I dette forløb skal eleverne ud på et område med permeabel belægning. Her testes belægning og underlag for dens evne til at nedsive regnvand. Hjemme på klassen kan eleverne regne på hele anlæggets kapacitet samt diskutere permeable belægninger som løsningsforslag til klimatilpasning.

Forløbet er et af flere forløb udviklet til brug ude på klimatilpasningsanlæg rundt i landet og del af et større tema omkring klimatilpasning til fremtidens regnvandsmængder. Se tema siden "klimatilpasning". Øvelsen kan suppleres med endnu en øvelse knyttet til den permeable belægning, som kan findes på temasiden.

I finder en lokal permeabel belægning ved at søge på "Klimatilpasningsanlæg" på kortet, hvor I også kan læse oplysninger om det konkrete klimatilpasningsanlæg.

Under kopiark finder I forløbet opdelt i mindre sektioner, som kan printes efter behov til eleverne.

Formål

Formålet er at arbejde med den permeable belægning som løsningsforslag til menneskeskabte klimaudfordringer i form af øgede regnmængder.

Eleverne kommer til at opnå teoretisk viden om:

- klimatilpasning til øgede regnmængder
- funktion og opbygning af en permeabel belægning

Eleverne kommer til at lave praktisk arbejde med:

- test af nedsivningsanlæg på permeabel belægning via standardiseret metode
- opmåling af areal
- udregning af kapacitet
- vurdering af den permeable belægning som klimatilpasningsløsning

Teori

Klimatilpasning til fremtidens regnmængder

På grund af klimaforandringer oplever vi i Danmark stigende temperaturer og øgede regnmængder.

Den stigende regnmængde, og det faktum at der udbygges af veje, fortove, bygninger og andet, som regnvandet ikke bare kan sive ned i gør, at presset øges på kloakledningerne, som ikke længere kan håndtere den mængde vand, der ledes i dem.

Mange steder har man separat kloakeret, således at spildevand og regnvand fra byens overflader adskilles. Dermed forhindres spildevandet i at skylle tilbage op gennem afløb inde i husene, når det regner meget, og kloakledningerne bliver fyldt op. Regnvandskloakken er slet ikke forbundet med spildevandet, og ved store regnskyl vil tilbageløb eller overløb ske ud i naturen eller på vejene. Det separerede regnvand er renere end spildevand, men dog ikke rent nok til at kunne ledes direkte ud i naturen, da regnvandet på dets vej samler forurening op fra veje, tage og fortove. Det er dyrt (og ikke altid praktisk muligt) at grave nye større regnvandskloakledninger ned, så man undgår overløb. Derfor må de øgede regnvandsmængder fra byerne håndteres på en anden måde.

En mulighed er at lade overfladevandet nedsive lokalt i stedet for at ledes i regnvandskloaker. Det er derfor oplagt at udpege eller opbygge områder, hvor regnvandet hurtigt kan sive ned i de dybere jordlag.



Foto: Lisa Risager

Permeable belægninger

Opbygning og funktion af permeable belægninger

Vi dækker kæmpe områder med tagflader, fortove, parkeringspladser og asfalt. Et samlet udtryk for disse overdækkede arealer er *befæstede* arealer. Her kan regnvandet ikke sive ned og genererer en masse vand, som skal håndteres af kloakkerne.

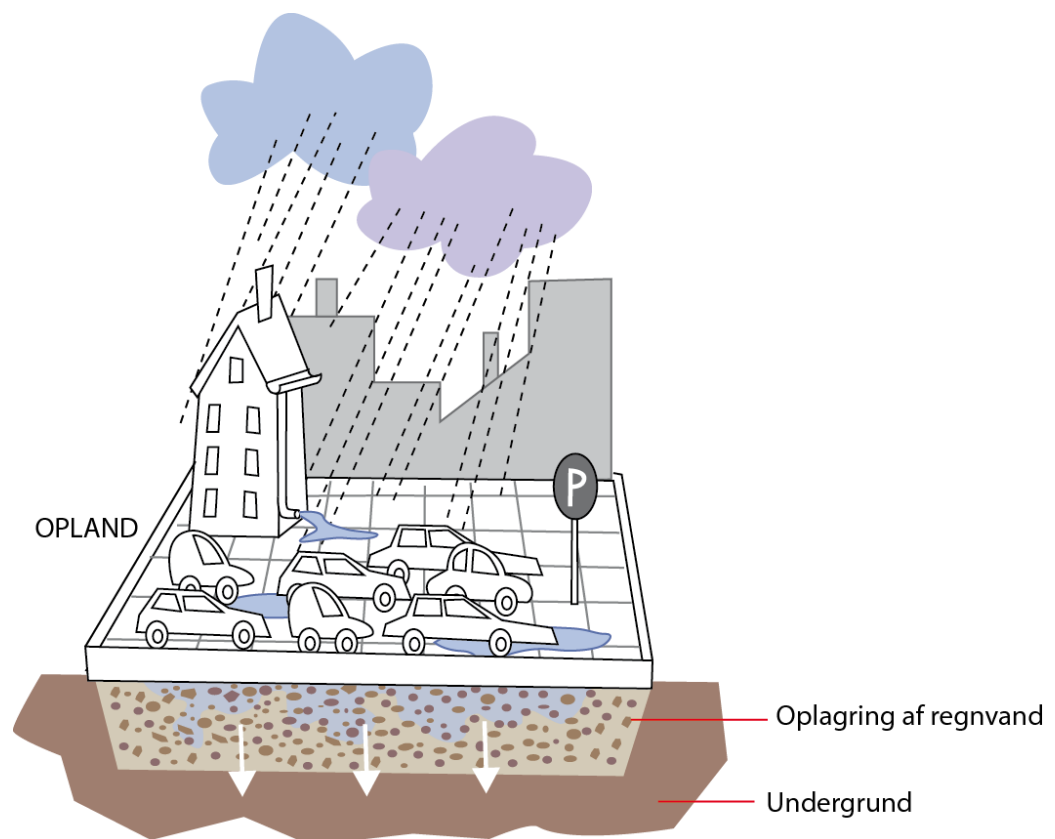
Men vi har brug for vores veje og parkeringspladser. Løsningen kan være at lave asfalt eller fliser, som er gennemtrængelige for vand – altså *permeable*. Undergrunden skal i så fald være nedsivningseget eller også kan man danne et reservoir under den permeable overflade, hvor vandet kan samle sig og evt. ledes væk til et bassin eller andet.

Virksomhederne NCC og IBF har i samarbejde udviklet en række permeable belægningstyper. Deres produkter spænder over permeable flisebelægninger til stier, haver, parker og parkeringspladser over permeable asfaltbelægninger til veje og til permeable vejbrønde, som kan nedsive vandet fra ikke-permeable vejbelægninger.

De permeable belægninger har følgende opbygning (se figur):

1. Fliser eller asfalt, der er designet, så pore størrelsen tillader regnvand hurtigt at sive igennem.
2. Mellem fliser og under det øverste lag ligger et lag gennemtrængelig sand.
3. Under sandet ligger et lag på 40-50 cm specielt stabilgrus, som både er tryksikkert og gennemtrængeligt for vand. Almindeligt stabilgrus er ikke gennemtrængeligt for vand. Dette lag af stabilgrus tjener både som bærelag, men også som reservoir for regnvandet, der nedsives, idet vandet lægger sig i hulrummene mellem stenene i laget. Fra dette reservoir nedsiver vandet videre ned i undergrunden eller ledes ned i regnvandskloak.

Er undergrunden leret kan det være nødvendigt med et tykkere lag stabilgrus, som kan rumme mere vand. Ligger grundvandet højt, kan det være nødvendigt at aflede vandet via et dræn under drænlaget.



Belægningen skal kunne holde til tryk

Der er mange typer materialer, der kan indeholde en masse vand, men for bærelaget på en permeabel belægning, er det også vigtigt, at underlaget kan holde til et stort tryk, når det er vandmættet. Dette er, fordi permeable belægningsmaterialer skal kunne holde til, at biler parkerer eller kører ovenpå eller i det mindste til, at mennesker tørskoet kan passere. Drænstabiler er et produkt, der er udviklet til at kunne rumme en masse vand og samtidig kunne holde til at biler og lastbiler kører henover.

Vedligehold af den permeable belægning

Det er vigtigt for den permeable belægnings funktion, at vandet let kan sive ned gennem fliserne til de underliggende lag. Derfor er fliserne designet med store porer til vandet, der er fyldt med grovkornet sand, som vandet let kan gennemtrænge.

Dog vil der over tid ophobe sig andet sand og jord, som langsomt fylder alle porerne ud. Resultatet er, at det øverste lag ikke længere er gennemtrængeligt for vand. Løsningen er da at spule fugematerialet op og lægge nyt materiale i.

Forberedelse

Oplæg på klassen

Start forløbet i klassen med gennemgang af teoriafsnittet.

Læringsmål

Formålet med den konkrete øvelse er at teste en permeable belægnings evne til at håndtere store mængder regnvand. Dette gør vi ved at teste hvor hurtigt vand kan nedsives på den permeable belægning.

- Hele klassen formulerer i fællesskab en overordnet problemstilling. Et eksempel kunne være "Hvordan kan etableringen af permeable belægninger løse udfordringer skab af klimaforandringer".
- Formuler sammen med læreren læringsmål for forløbet

Kom eventuelt omkring følgende arbejdsspørgsmål

1. Hvorfor skal vi lave permeable belægninger?
2. Hvilke lag er en permeabel belægning opbygget af?
3. Hvor ender vandet som lander på en permeabel belægning?

Planlæg turen

For at løse opgaven, skal I ud til en permeabel belægning.

1. Find den nærmeste permeable belægning på kortfunktionen under "Klimatilpasningsanlæg".
2. Print et oversigts kort af det aktuelle anlæg og find ud af, hvordan I vil finde rundt ude på anlægget.
3. Planlæg turen, så alle ved, hvad de skal, når I når ud til den permeable belægning.
 - Hvornår skal vi afsted?
 - Hvordan kommer vi derhen?
 - Hvad skal vi have med, og hvem tager hvad med?
 - Skal klassen arbejde sammen, eller skal den opdeles i grupper?
 - Hvilke områder ved den permeable belægning skal undersøges, og hvordan gennemgås vejledningen?
 - Hvad skal dokumenteres, hvordan og af hvem?

Materialer

- Oversigtskort over anlægget (findes under siden for det aktuelle anlæg på kortfunktionen)
- Skrivematerialer, resultatskema og skriveunderlag
- En cylinder med diameter $\varnothing 300\text{mm} \pm 10\text{mm}$ og med en højde på ikke mindre end 50mm, cylinderen kan være af jern, hård plastik eller andet, der kan holde formen under tryk fra vand. Cylinderen skal være påtegnet med to streger hhv. 10mm og 15mm over bundkant-ring. Det er en fordel, hvis den er gennemsigtig.
- Dekorationsler eller sanitetskit (som VVS folk bruger)
- Gummihandsker eller vådservietter
- Dunke eller store vandkander med vand
- Dunk/kande med 9 l afmærket samt en beholder med 3,6 l afmærket
- Et stopur
- Målebånd til at måle inderste diameter af cylinderen samt et større måle bånd til at måle arealet op med
- Evt. kamera til dokumentation
Evt. video udstyr til dokumentation.

Sådan gør du

Formål

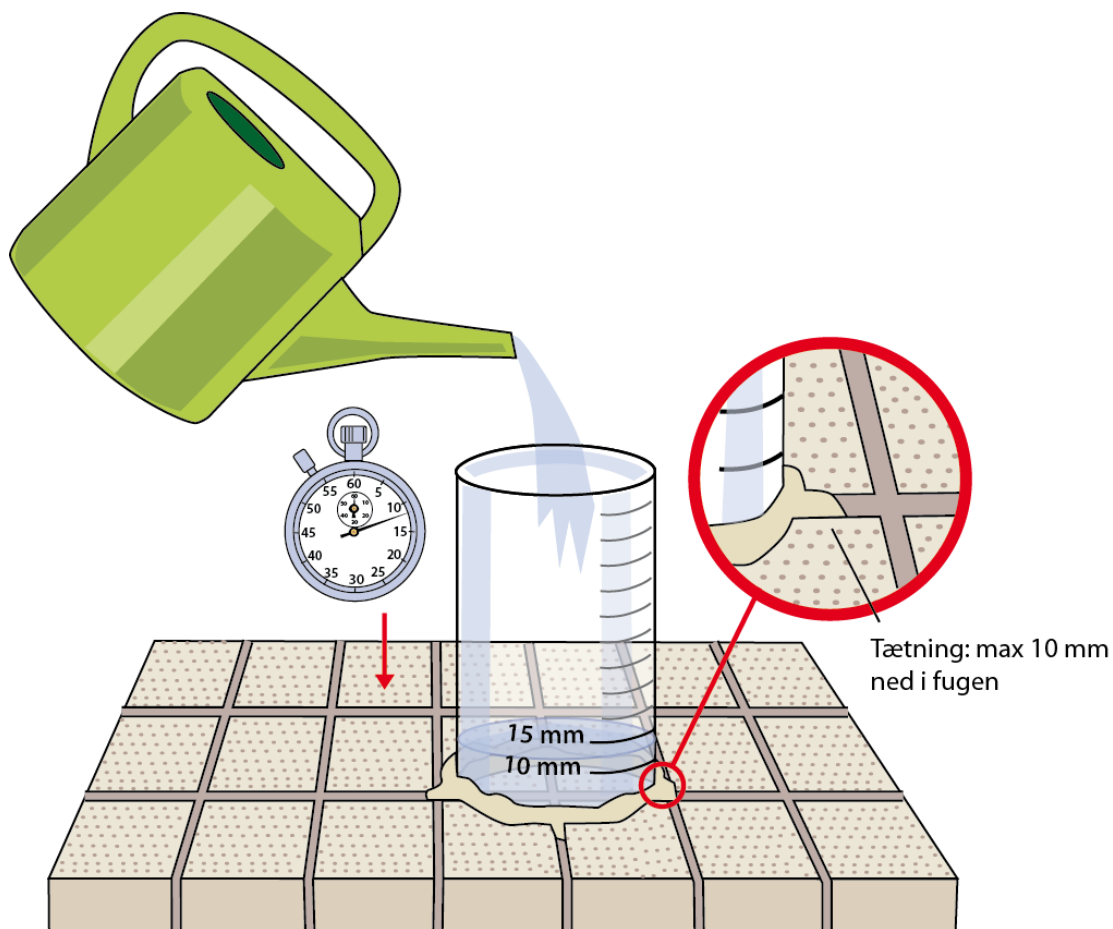
Formålet er at teste den permeable belægnings evne til at håndtere store mængder regnvand. Dette gør vi ved at teste, hvor hurtigt vand kan nedsives på den permeable belægning.

Vejledning

Lav evt. en videopræsentation af, hvordan man laver en nedsivningstest på anlægget. Start optagelserne ved punkt 3.

1. Undersøg, om der er en infoplanche ved anlægget og læs om anlægget. Notér oplandsareal og andre vigtige detaljer. Ikke alle anlæg har en infoplanche, men så kan data findes på kortfunktionen inde på "Skoven i Skolen" under det aktuelle anlæg.
2. Opmål hele det permeable areal med målebånd. Bemærk, at det måske ikke er hele belægningen, som er permeabel. Indtegn jeres resultater i resultatskemaet.
3. Find det rigtige teststed:
 - a. Der gennemføres tre nedsivningstest på, hvad der vurderes til at være repræsentative steder.
 - b. Afstanden mellem de enkelte teststeder må ikke være mindre end 1 m.
 - c. Dokumentér teststederne ved at tage et foto af belægningen, et foto af belægningen med teststederne indtegnet med kridt og et foto af det enkelte teststed (oppefra) efter montering af cylinderen.
4. Fastgør cylinderen mod belægningen ved brug af ler eller sanitetskit. Brug handsker.
 - a. Kittet må ikke fylde mere end 10mm på ringens inderside.
 - b. Kittet presses så langt ned i fugen som muligt, dog ikke dybere end 10mm fra belægningens overkant.
5. Belægningen gøres våd (opfugtes)
 - a. ved at hældes 3,6 l i cylinderen med en hastighed, der danner et stabilt vandspejl mellem de to linjer på ringen.
 - b. Vær omhyggelig med ikke at hælde vandet direkte ned i fugerne, da det derved kan ske, at fugematerialet bliver skyllet op.
 - c. Der tages tid fra vandet rammer belægningen, til det sidste vand er væk.
 - d. Hvis vandet er væk på mindre end 30 sek. gennemføres testen i punkt 6 ved brug af 18 l vand. Hvis vandet er væk på 30 sek. eller mere, gennemføres testen ved brug af 3,6 l vand.

6. **Test:** Senest 2 min. efter opfugtningen gennemføres selve nedsivningstesten. Der bruges 3,6 l eller 18 l afhængig af resultatet fra punkt 5.
- Hæld vandet i ringen (hæld ikke direkte på fugen).
 - Der tages tid fra vandet rammer belægningen til det sidste vand er væk.
 - Tiden måles i sek. med 0.1 decimal.
 - Notér resultaterne på resultatskemaet.



Denne engelske instruktions film <https://www.youtube.com/watch?v=skYLOqmw0yo> kan give jer et billede af hvordan undersøgelsen skal udføres.

Resultat skema

Længde af permeable områdem Bredde af permeable område m

Areal af permeable område: m² Opland m²

Inderste diameter af test cylinder: mm

Testområde	Opfugtnings- tid (s)	Mængde vand brugt under test (kg)	Testtid (s)	Nedsivningshastigheden I (mm/time) $I = K * M / (D^2 * t)$ Udregnes i efterbehandling
1				
2				
3				
Gennemsnit				

Tegn en skitse af permeable belægning her og markér, hvor I har lavet de 3 målinger.
Indsæt alternativt printet oversigtskort og afmærk teststederne.

Efterbehandling

Udregninger

1. Udregn nedsivningshastigheden via denne formel:

$$I = K * M / (D^2 * t)$$

Hvor

I = nedsivningshastigheden (infiltrationsraten) (mm/h) - altså hvor mange millimeter vand, der kan sive ned pr time

K er en konstant. 4 583 666 000 (mm³s)/(kg*h)

M er massen af vandet hældt i under testen. 1 l vand = 1kg.

D er den inderste diameter af testcylinderen (mm)

t er tiden, det tager at nedsive testvolumenet af vand (s)

Indfør resultater i resultatskemaet

1. Kan den permeable belægning holde til et skybrud, således at den når at nedsive vandet, der falder på belægningen lige så hurtigt, som det kommer ned?
Hint - Et skybrud defineres som regn, hvor der falder mere end 15mm på 30min (altså 30mm/h).
2. Hvor meget skal det regne mm/h, før at vandet ikke alt sammen kan nå at nedsive, men begynder at løbe af overfladen?
3. Ca. hvor ofte kommer vi til at opleve, at regnen kommer så kraftigt ned, at denne permeable belægning ikke kan nedsive det hele.
Man kan regne på ca. hvor ofte, vi får meget kraftigt regn.

Ca hvert....	5 år	10 år	20 år	50 år	100 år
Antal mm regn ved en varighed på 30 min.	17,7	21,8	26,1	33,0	39,0
Antal mm regn ved en varighed på 2 timer	27,2	33,2	39,6	49,7	58,5
Antal mm regn ved en varighed på 4 timer	32,9	39,9	47,3	59,0	59,0

4. Mange permeable belægninger modtager også vand fra andre arealer, hvor vandet ikke kan sive ned – fx en ikke-permeabel parkeringsplads eller et tag. Disse arealer kaldes anlæggets opland. Et billede af anlæggets opland og arealet af dette findes under kortfunktionen under det aktuelle permeable anlæg.
5. Udregn, den samlede mængde vand pr. time, som falder på både den permeable belægning og oplandets til sammen, under et skybrud.
6. Udregn, hvor meget vand pr. time hele den permeable overflade kan nå at nedsive
7. Kan den permeable belægning håndtere et skybrud, uden at vandet begynder at løbe af i stedet for at nedsive?

Perspektivering

1. Hvordan hjælper permeable belægninger med at håndtere klimaproblemer?
2. Hvor bliver vandet af, når det siver ned i belægningen?
3. Kan man bare blive ved med at hælde mere vand på?
4. Hvad sker der, hvis ikke den permeable belægning kan nedsive alt vandet fra et skybrud?
5. Der bliver løbende holdt øje med de permeable belægningers evne til at nedsive. Send evt. jeres data og videopræsentation til denne kontaktperson fra Københavns universitet, som arbejder med holdbarhed af permeable belægninger rundt i landet:

Seniorkonsulent Jan Støvring

University of Copenhagen
Faculty of Science
Landskabsarkitektur og Planlægning
jls@ign.ku.dk

6. Hvilke type befæstede arealer kan skiftes ud med permeable belægninger?
7. Hvad ville være fordele og ulemper ved at anlægge permeable belægninger, i stedet for de belægninger vi bruger i dag på veje, parkeringspladser, fortove med mere?

Kommunikation

1. Inkludér en evt. videopræsentation af forsøget på anlægget i jeres kommunikation omkring opgaven.
2. Derudover kan I evt. lave en model af den permeable belægning i selvvalgt målestoksforhold, hvor I viser, hvordan en permeabel belægning er opbygget, og hvordan den virker. Se opgaveintroen for at finde ud af, hvilke lag belægningen er opbygget af.

Materialer kunne være:

- En vandtæt kasse
- Underlagsmateriale, hvor vand kan sive ned gennem
- Fliser, rist, cellemursten eller andet til gennemtrængelig overflade

Specifikke fagord og termer til brug under præsentation af emnet:

- Global opvarmning
- Klimatilpasning
- Permeabel belægning
- Befæstede arealer
- Nedsivningsevne
- Skybrud
- Opland

Forslag til videre arbejde

På temasiden om klimatilpasning kan du læse mere, samt finde flere opgaver rettet mod forskellige typer klimatilpasningsanlæg.

Det er oplagt at inddrage flere øvelser omkring klimatilpasning i ét samlet forløb. Der vil her være overlap mellem indholdet af de forberedende øvelser, men også dele som er unikke for de specifikke opgaver.

Følgende opgaver om klimatilpasning kunne være gode at kombinere med opgaven:

- Nedsivning af regnvand – partikkelstørrelser
- Modellering af permeabel belægning
- Plan B
- Æstetik og funktionalitet
- Befæstede arealer og afløbsmængder